

Caracterización y Modelado de Canales BFWA en Entornos OUTDOOR – INDOOR

Oscar Fernández⁽¹⁾, Richard Jaramillo E.^(1,2), Marta Domingo⁽¹⁾, Rafael P. Torres⁽¹⁾.

fernandos@unican.es, richard.jaramillo@alumnos.unican.es, domingom@unican.es, torresrp@unican.es

⁽¹⁾ Departamento de Ingeniería de Comunicaciones. Universidad de Cantabria
Avda. de Los Castros s/n. 39005 Santander.

⁽²⁾ Departamento de Geofísica. Escuela Politécnica Nacional
Ladrón de Guevara E11-253. Quito - Ecuador.

Abstract- This paper presents the experimental characterization of the radio channel for outdoor-indoor communications, within the frame of Fixed Wireless Access systems. The obtained results show that the presence of line of sight minimizes the influence of the scatters that surrounds the receiver, contributing to delay spread values lower than in the non line of sight situations.

In order to reproduce the behavior of these kind of channels several models based on tapped delay lines have been developed. These models provide a good fit of the temporal channel parameters and can be useful to complete the channel collections of current and future standards

I. INTRODUCCIÓN

En esta comunicación se presentan modelos de canal en banda ancha según la aproximación TDL (Tapped Delay Line) para entornos exterior-interior y en el contexto de los sistemas inalámbricos de acceso fijo (Fixed Wireless Access – FWA–). En concreto la propuesta se enmarca en el estándar IEEE 802.16, también denominado IEEE Wireless MAN. Esta tecnología está diseñada para ofrecer servicios de banda ancha vía radio en entornos metropolitanos (Metropolitan Area Network –MAN–), con prestaciones similares a los servicios de cable y presentando las siguientes ventajas: la implantación económica y rápida del servicio, sobre todo en aquellas áreas donde la infraestructura fija no ha sido totalmente desarrollada por motivos económicos (baja densidad de población), o estratégicos debidos fundamentalmente a grandes dificultades en el desarrollo de la infraestructura fija.

Aunque en la actualidad existen modelos aceptados para entornos urbanos y suburbanos [1], [2] no existen modelos completos para entornos mixtos exterior-interior. Sin embargo dicha situación tiene cada vez más importancia e interés debido a las importantes ventajas que se obtendrían al conseguir directamente cobertura en el interior de los edificios de las estaciones base exteriores de las redes MAN, permitiendo la movilidad directa de los usuarios en el interior de los edificios.

II. CAMPAÑA DE MEDIDAS

A. Descripción de las medidas

Con el objeto de realizar la caracterización y el modelado de canales BFWA en entornos outdoor-indoor se han llevado a cabo varias campañas de medida en la banda de 3.5 GHz

con un ancho de banda de 250MHz entorno a dicha frecuencia central (3.385-3.635 GHz). El equipo transmisor se sitúa en la terraza de un edificio a modo de estación base, mientras que el receptor se posiciona en el interior de un edificio cercano, en diferentes plantas y áreas locales. Cada área local se compone de un número de realizaciones suficiente para poder caracterizar estadísticamente el canal.

B. Escenarios

Se ha llevado a cabo una campaña de medida entre dos edificios de la Universidad de Cantabria, separados entre si una distancia de 120m. El transmisor se sitúa en la terraza del piso superior de uno de los edificios mientras que el receptor se sitúa en tres diferentes escenarios en el otro edificio.

Los dos primeros escenarios se localizan en la planta+1. En estos dos escenarios, la altura relativa del transmisor con respecto al receptor es de unos 6m. El primer escenario (escenario 1) es un salón de actos, una área abierta con pocos obstáculos. El segundo escenario (escenario 2) es un laboratorio de electrónica equipado con ordenadores, bancos de trabajo equipos de medida y armarios. El tercer escenario (escenario 3) es una planta típica de oficinas y se encuentra situado en la planta -2, a una altura de 15 metros por debajo del nivel del transmisor.

Con el objeto de considerar la influencia de la presencia de línea de vista entre el transmisor y el receptor, se situó el extremo receptor en tres áreas locales diferentes para cada escenario de medida. El primer área de medida se situó en las proximidades de la ventana, frente al transmisor, en una situación cuasi-LOS (QLOS), donde la línea de vista únicamente está obstruida por la ventana. Al alejarnos de dicha ventana y adentrarnos en la habitación la visibilidad directa entre transmisor y receptor se pierde. En estas condiciones de no línea de vista se mide en dos áreas locales, NLOS y HNLOS.

C. Sistema de medidas

Se utilizó un sistema de medida en banda ancha basado en un generador de señal E4433B y un analizador de redes PNA E8362A de Agilent que realizan un barrido simultáneo de la banda de interés 3.385-3.635 GHz tomando 400 puntos. Ambos extremos del sistema se encuentran sincronizados en frecuencia y fase gracias a la referencia externa de 10MHz generado por oscilador de rubidio. Además ambos osciladores se encuentran disciplinados por sendos GPS para mejorar la sincronización en fase.

En transmisión se utilizaron antenas sectoriales direccionales dirigidas hacia el escenario de medida. En recepción se utilizaron antenas biconicas omnidireccionales. Las medidas se realizaron en ausencia de personal para mantener la estacionariedad del canal.

III. MODELADO DE CANAL

Se han desarrollado modelos de canal que reproducen el comportamiento del canal radio en escenarios con diferentes condiciones mediante un modelo estadístico basado en líneas de retardo.

El modelo de líneas de retardo es uno de los modelos más ampliamente utilizado para generar modelos discretos en el tiempo paso bajo equivalentes de canales dispersivos. Este modelo representa cada uno de los caminos de propagación mediante una línea de retardo con un retardo τ_k y una ganancia compleja a_k . Así el canal se puede definir como el conjunto de diferentes ganancias con sus retardos asociados correspondientes:

$$h(t) = \sum_{i=1}^L a_i \delta(t - \tau_i) \quad (1)$$

donde L es el número de líneas de retardo, también denominado número de taps.

El modelado de un sistema SISO (Single Input Single Output) mediante TDL se caracteriza por el número y valor medio de cada tap, el parámetro K de la distribución de Rice que sigue cada tap y el retardo de cada uno de ellos.

Estos parámetros se obtienen de manera empírica, a través de las campañas de medida realizadas. Para cada área local se obtienen N realizaciones de la función de transferencia definida como $H_i(n\Delta f)$ siendo $i=1, \dots, N$ el número de realizaciones ($N=128$), $n=0, \dots, 399$ con una separación frecuencial $\Delta f=0.6266\text{MHz}$.

El modelo TDL se obtiene a partir de las realizaciones del canal $h_i(n\Delta\tau)$ normalizadas, una vez eliminadas las componentes de ruido de las medidas. Para conformar los taps se agrupan un número D de muestras por tap que permitan ajustar el modelo a las medidas con un número reducido de taps y con separaciones entre ellos adecuadas. Cada tap representa la componente promedio de las D componentes agrupadas. Así el valor del tap k-ésimo se obtiene como [3]:

$$\bar{h}_i(\tau_k) = \frac{1}{D} \sum_{n=(k-1)D}^{kD-1} h_i(\tau_n) \quad \text{con } k=1, \dots, N_{\text{tap}} \quad (2)$$

Siendo N_{tap} el número de taps resultante. A partir de las N realizaciones de $\bar{h}_i(\tau_k)$, $k=0, \dots, N_{\text{tap}}$, se obtiene la estadística del módulo y la fase de cada tap de manera independiente. La fase se modela mediante una distribución uniforme entre $[0, 2\pi)$ mientras que el módulo sigue una distribución de Rice

definida por su valor medio y por el parámetro K. El valor medio de cada tap se obtiene como $m_{\tau_k} = E_i \left[\left| \bar{h}_i(\tau_k) \right| \right]$.

Para facilitar la reproducción de los modelos generados, las N muestras de cada tap se normalizan con respecto a su media. De esta manera, el parámetro K obtenido según (3) corresponde a una distribución normalizada de media 1 [4].

El cálculo de los retardos se obtiene según [3] a partir del perfil potencia retardo promedio (4). Para cada tap se suma el valor del retardo de las D componentes ponderadas por su correspondiente valor del perfil retardo potencia promedio (5).

$$PDP_{\text{prom}}(\tau) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M PDP_i(\tau) \quad (4)$$

$$\tau_k = \frac{\sum_{n=(k-1)D}^{kD-1} \tau_n \cdot PDP_{\text{prom}}(\tau_n)}{\sum_{n=(k-1)D}^{kD-1} PDP_{\text{prom}}(\tau_n)} \quad (5)$$

IV. RESULTADOS

Las medidas desarrolladas se centran en el estudio temporal del canal. Se estudia la dispersión del retardo, τ_{rms} , en las tres áreas de cada escenario (Tabla I apartado (a)). Analizando la función de distribución acumulada complementaria (CCDF) del τ_{rms} , se observa en el área 1 estadísticas similares para los tres escenarios. Esto implica que en condiciones de QLOS el comportamiento del canal en los tres escenarios se puede definir por un único modelo de canal.

En las otras dos áreas, solamente los escenarios 2 y 3 tienen un comportamiento similar. Así, en función de las características dispersivas del retardo se pueden agrupar y clasificar los escenarios de medida en dos escenarios tipo, uno abierto y otro cerrado. El escenario tipo abierto, escenario 1, presenta alta dispersión del retardo debido a la mayor separación de los scatteres. Por su parte el escenario cerrado, escenarios 2 y 3, presenta menor dispersión de retardo dada que los scatteres se encuentran más próximos al receptor.

Para el área 1, situación QLOS, los rayos que más contribuyen a la respuesta al impulso no proceden del scattering próximo al receptor como en las áreas NLOS y HNLOS, sino de las contribuciones que proceden del exterior, por lo ambos escenarios, cerrado y abierto, presentan un comportamiento similar.

Tomando las muestras de canales en escenarios que presentan comportamiento similar como realizaciones de un mismo canal, se obtiene la estadística de la dispersión del retardo de los escenarios tipo (Tabla I apartado (b)).

$$\frac{E \left[\left| \bar{h}_i(\tau_k) \right| \right]}{\sqrt{E \left[\left| \bar{h}_i(\tau_k) \right|^2 \right]}} = e^{-\frac{K_k}{2}} \sqrt{\frac{\pi}{4(K_k+1)}} \left[(1+K_k) I_0 \left(\frac{K_k}{2} \right) + K_k I_1 \left(\frac{K_k}{2} \right) \right] \quad (3)$$

A partir de los resultados obtenidos se definen 5 modelos de canal TDL que reproducen el comportamiento en los dos escenarios tipo en áreas con diferentes condiciones de propagación, QLOS, NLOS y HNLOS. La tabla II muestra el conjunto de modelos de canal TDL obtenidos.

En las figuras 1-3 se presentan la CCDF del τ_{rms} obtenido de realizaciones del canal generadas con los modelos TDL generados. Estas curvas se comparan con la estadística del τ_{rms} obtenida a partir de las realizaciones del canal medido.

V. CONCLUSIONES

Los modelos obtenidos representan con exactitud las características temporales del canal, presentando unos valores de la CCDF del τ_{rms} al 10% muy próximos a los medidos y en general unas curvas muy similares, en tendencia y rango de variación del τ_{rms} . Los mayores valores de la dispersión del retardo se dan en zonas HNLOS del área abierta, alcanzando valores máximos de 80ns.

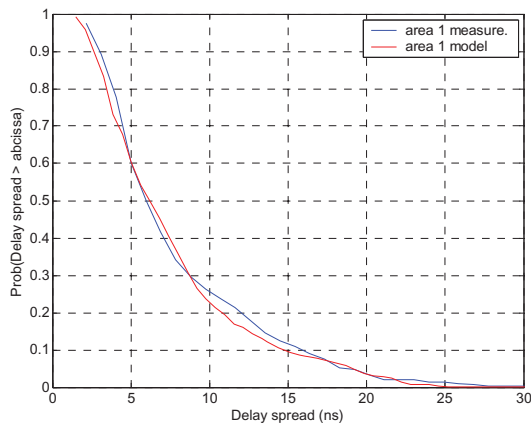


Fig. 1. CCDF del τ_{rms} (a) ambos escenarios en área 1

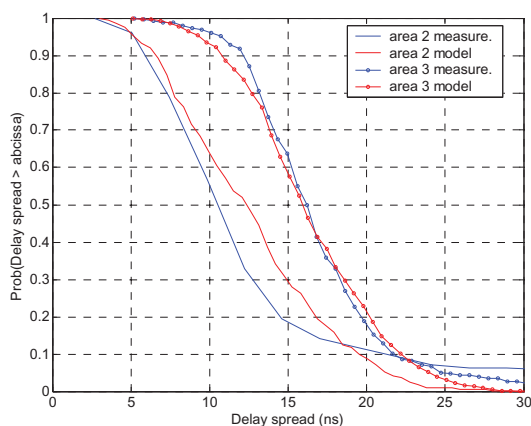


Fig. 2. CCDF del τ_{rms} escenario cerrado en áreas 2 y 3

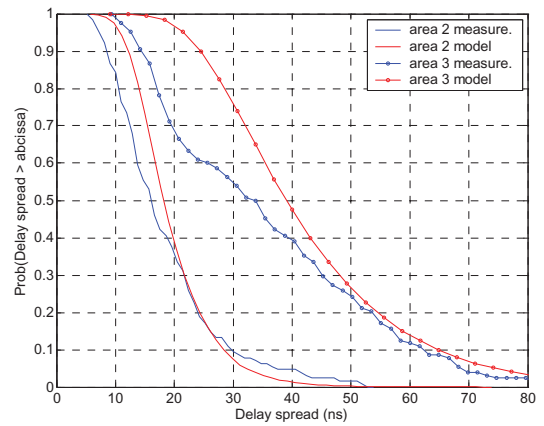


Fig. 3. CCDF del τ_{rms} . escenario abierto en áreas 2 y 3.

REFERENCIAS

- [1] IEEE Standard for local and metropolitan area networks – Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems – IEEE 802.16-2004.
- [2] Erceg, V.; Michelson, D.G.; Ghassemzadeh, S.S.; Greenstein, L.J.; Rustako, A.J., Jr.; Guerlain, P.B.; Dennison, M.K.; Roman, R.S.; Barnickel, D.J.; Wang, S.C.; Miller, R.R. "A model for the multipath delay profile of fixed wireless channels" *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on* Volume 17, Issue 3, Mar 1999 Pp. 399 - 410
- [3] J. Kivinen, X. Zhao, and P. Vainikainen, "Empirical characterization of wideband indoor radio channel at 5.3 GHz," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 49, no. 8, pp.1192-1203, August 2001.
- [4] Abdi, C. Tepedelenlioglu, G. B. Giannakis, and Kaveh "On the Estimation of the K parameter for the Rice Fading Distribution," *IEEE Communication Letters*, vol. 5, no. 3, pp. 92-94, March 2001

TABLA 1 VALORES 50% Y 10% DE LA CCDF PARA LAS TRES ÁREAS DE LOS ESCENARIOS TOMADAS DIRECTAMENTE DE LAS MEDIDAS (A) Y AL AGRUPAR ESCENARIOS (B). VALORES EN ns

CCDF	Área 1		Área 2		Área 3		
	50%	10%	50%	10%	50%	10%	
SALON	7	13.35	16.13	29.61	33.57	62.31	(a)
P1	4.61	13.35	10.88	14.75	17	23.2	
P2	7.05	19.86	8.3	11.52	14.16	17.81	
Entorno Abierto	5.96	15.92	16.13	29.61	33.57	62.31	(b)
Entorno Cerrado			10.5	21.12	16.2	21.7	

TABLA 2 MODELOS TDJ DE CANAL EN LOS DOS ESCENARIOS TIPO PARA LAS TRES ÁREAS

	Area 1 QLOS			Area 2 NLOS			Area 3 HNLOS			
	K	Mean (dB)	Delay (ns)	K	Mean (dB)	Delay (ns)	K	Mean (dB)	Delay (ns)	
ESCENARIOS ABIERTO Y CERRADO	0	0	0	0	0.0	0	3	0.0	0	ESCENARIO CERRADO
				0	-11.5	27	0	-8.8	28	
				0	-15.7	47	0	-11.8	47	
				0	-21.6	67	0	-16.7	68	
	0	-21.1	27	0	-28.6	87	0	-21.7	88	ESCENARIO ABIERTO
				4	0.0	0	4	0.0	0	
				0	-12.0	27	0	-9.8	28	
				0	-17.6	47	1	-13.2	48	
	0	-22.3	49	0	-20.5	68	0	-15.6	68	
				0	-20.0	88	0	-18.6	88	
				0	-24.3	107	0	-22.9	108	
				0	-30.3	128	0	-29.7	128	
	0	-25.4	66	0	-31.7	408	0	-27.3	765	